

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-074617

(43)Date of publication of application : 15.03.2002

(51)Int.Cl.

G11B 5/39

G01R 33/09

H01F 10/06

H01F 10/08

H01L 43/08

(21)Application number : 2000-252891

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 23.08.2000

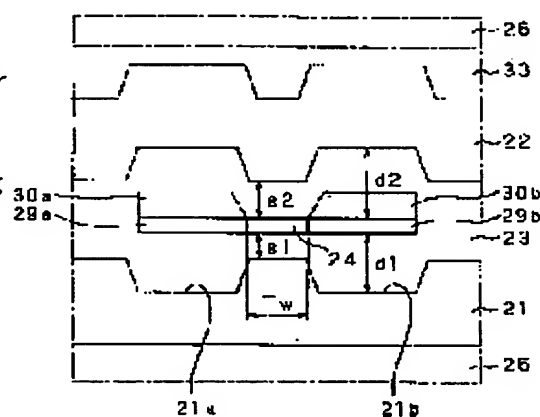
(72)Inventor : INAGUMA TERUYUKI

(54) MAGNETORESISTIVE MAGNETIC HEAD AND METHOD OF MANUFACTURE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make it possible to appropriately apply a bias magnetic field caused by a pair of permanent magnet films to a magnetoresistive element in a structure wherein the magnetoresistive element is disposed between a pair of magnetic shielding layers through a gap layer.

SOLUTION: A magnetoresistive magnetic head 20 wherein the magnetoresistive element 24 is disposed between the pair of magnetic shielding layers 21 and 22 through the gap layer 23. The pair of permanent magnet films 29a and 29b for applying the bias magnetic field to the magnetoresistive element 24 are provided at both end parts of the magnetoresistive element 24 and the intervals between the pair of permanent magnet films 29a and 29b and the pair of magnetic shielding layers 21 and 22 are specified to be nearly equal to each other.



(19)日本特許庁(JP) (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-74617

(P2002-74617A)

(43)公開日 平成14年3月15日(2002.3.15)

(51)IntCl.	識別記号	FI	キーワード(参考)
G11B 5/39		G11B 5/39	2G017
G01R 33/09		H01F 10/06	5D034
H01F 10/06		10/06	5E049
H01L 43/08		H01L 43/08	B
G01R 33/06		G01R 33/06	R
審査請求 未請求 請求項の数6 OL (全23頁)			

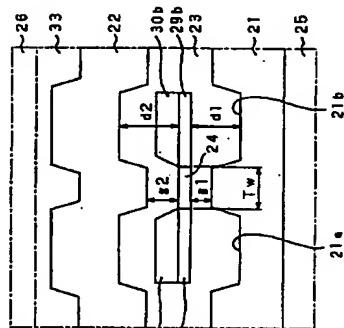
(21)出願番号	特願2000-252891(P2000-252891)	(71)出願人	00002185 ソニー株式会社
(22)出願日	平成12年8月23日(2000.8.23)	(72)発明者	井澤士 小池 晃 (外2名) Fターム(参考) 23017 MA10 A807 A001 A009 A055 50034 B403 BA11 BA18 B809 CA04 DA07 5E049 MA01 MA04 MA07 MA09 MA10 A000 A001 BA12 BA16
(74)代理人	100067735 井澤士 小池 晃 (外2名) Fターム(参考) 23017 MA10 A807 A001 A009 A055 50034 B403 BA11 BA18 B809 CA04 DA07 5E049 MA01 MA04 MA07 MA09 MA10 A000 A001 BA12 BA16		

(54) 発明の名称 磁気抵抗効果型磁気ヘッド及びその製造方法

(57) 要約

【課題】 一对の磁気シールド層の間にギャップ層を介して磁気抵抗効果素子が配されてなる構造において、一对の永久磁石膜によるバイアス磁界が磁気抵抗効果素子に適切に印加されることを可能とする。

【解決手段】 一对の磁気シールド層21、22の間にギャップ層23を介して磁気抵抗効果素子24が配されてなる磁気抵抗効果型磁気ヘッド20である。そして、磁気抵抗効果素子24の両端部には、当該磁気抵抗効果素子24に対してバイアス磁界を印加するための一对の永久磁石膜29a、29bが設けられており、この一对の永久磁石膜29a、29bと一对の磁気シールド層21、22との間隔が略等しくされている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 一对の磁気シールド層の間にギャップ層を介して磁気抵抗効果素子が配されてなる磁気抵抗効果型磁気ヘッドにおいて、

上記磁気抵抗効果素子の両端部には、当該磁気抵抗効果素子に対してバイアス磁界を印加するための一对の永久磁石膜が設けられており、この一对の永久磁石膜と上記一对の磁気シールド層との間隔が略等しくされていることを特徴とする磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【請求項2】 上記一对の磁気シールド層のうち、下層側の磁気シールド層の上記一对の永久磁石膜に対応した位置に凹部が形成されることにより、上記一对の永久磁石膜と上記一对の磁気シールド層との間隔が略等しくされていることを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【請求項3】 上記ギャップ層のうち、上層側のギャップ層の上面が平坦化されることにより、上記一对の永久磁石膜と上記一对の磁気シールド層との間隔が略等しくされていることを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【請求項4】 凹部ドラムに搭載され、ヘリカルスキャ方式によってテープ状の磁気記録媒体に対する番号の再生を行うことを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【請求項5】 一对の磁気シールド層の間にギャップ層を介して磁気抵抗効果素子が配されてなる磁気抵抗効果型磁気ヘッドの製造方法であって、

上記磁気抵抗効果素子の両端部には、当該磁気抵抗効果素子に対してバイアス磁界を印加するための一对の永久磁石膜が形成されており、この一对の永久磁石膜と上記一对の磁気シールド層との間隔を略等しくする際に、上記一对の磁気シールド層のうち、下層側の磁気シールド層の上記一对の永久磁石膜に対応した位置に凹部を形成することを特徴とする磁気抵抗効果型磁気ヘッドの製造方法。

【請求項6】 一对の磁気シールド層の間にギャップ層を介して磁気抵抗効果素子が配されてなる磁気抵抗効果型磁気ヘッドの製造方法であって、

上記磁気抵抗効果素子の両端部には、当該磁気抵抗効果素子に対してバイアス磁界を印加するための一对の永久磁石膜が形成されており、この一对の永久磁石膜と上記一对の磁気シールド層との間隔を略等しくする際に、上記ギャップ層のうち、上層側のギャップ層の上面を平坦化することを特徴とする磁気抵抗効果型磁気ヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、ハードディスクドライブや磁気テープドライブ等に搭載され、磁気トンネル効果を利用して磁気記録媒体に対する番号の再生を行

う磁気トンネル効果型磁気ヘッド及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 磁気抵抗効果素子（以下、MR素子という。）は、外部磁界の変化に応じて電気抵抗が変化する。いわゆる磁気抵抗効果を利用して抵抗素子の一種であり、このMR素子を磁気記録媒体からの番号磁界を検出するための磁気素子として用いた磁気抵抗効果型磁気ヘッド（以下、MRヘッドという。）が、すでに実用化されている。

【0003】 すなわち、このMRヘッドは、MR素子に對して一定の電流を流しながら、MR素子に流れる電流の電圧値が磁気記録媒体からの番号磁界に応じて変化することを利用して、磁気記録媒体に記録された番号を再生するようになされている。

【0004】 また、MRヘッドは、一般的なインダクティブ型の磁気ヘッド、すなわち磁気コアに巻線を施したタイプの磁気ヘッドとは異なり、再生出力が磁気記録媒体に対するヘッドの相対速度に依存しないといった特徴を有している。

【0005】 このため、MRヘッドは、低相対速度となるシステムにおいても十分な再生出力を得ることが可能であり、磁気記録媒体の更なる高密度記録化を支援するために、今後必須のデバイスになると考えられる。

【0006】 また、このようなMRヘッドとしては、例えば図50に示すように、一对の磁気シールド層100、101の間にギャップ層102、103を介してMR素子104が配されてなる、いわゆるシールド型MRヘッドを挙げることができる。

【0007】 このシールド型MRヘッドでは、一对の磁気シールド層100、101がギャップ層102、103を介してMR素子104を挟み込むことにより、このMR素子104に対して再生対象外となる番号磁界を一对の磁気シールド層100、101に導きながら、再生対象となる番号磁界だけをMR素子104に導くことができる。

【0008】 このため、シールド型MRヘッドは、このような磁気シールド層100、101が設けられていない、いわゆるノンシールド型のMRヘッドと比較して、周波数特性が良好となり、高い復調分解能が得られるといった利点を有している。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、上述したシールド型MRヘッドでは、MR素子104の動作の安定化を図るため、このMR素子104の両端部には、MR素子104にバイアス磁界を印加するための一对の永久磁石膜105a、105bが設けられている。さらに、一对の永久磁石膜105a、105b上には、MR素子104の抵抗値を低くするための低抵抗値106a、106bが設けられている。

他導部側には、外部回路と接続される外部接続用端子32a、32bがそれぞれ設けられている。

【0036】なお、第1の基板25上には、このMRヘッド20全体を覆うための保護層33が、外部接続用端子32a、32bが外部に露出部分を除いて形成されている。そして、第1の基板25には、このMRヘッド20の外部接続用端子32a、32bが外部に露出するように第2の基板26が貼り合わされている。

【0037】なお、上述したMRヘッド20において、図3及び図4は、特徴をわかりやすく図示するために、このMR素子24の周辺を拡大して図示しているが、実際には、MR素子24は、第1の基板25及び第2の基板26と比べると非常に微細である。第1の基板25の磁気テープ2が走行する方向の長さ、例えば0.8mm程度とされ、MR素子24の磁気テープ2が走行する方向の長さは、例えば5μm程度とされる。したがって、このMRヘッド20において、媒体運動面20aとなるのは、ほとんど第1の基板25及び第2の基板26の上部端面だけである。

【0038】以上のように構成されるMRヘッド20は、上述した再生ヘッド8a、8bとして、回転ドラム6の外周面6aに、その再生ギヤアップが磁気テープ2の走行方向と略垂直な方向に対してアジマス角θに同じ斜めで斜交する方向に配置される。そして、このMRヘッド20は、磁気テープ2に対して斜めに運動しながら、この磁気テープ2に記録された信号を再生することとなる。

【0039】具体的に、このMRヘッド20を用いて磁気テープ2に対する信号の再生を行う際には、MR素子24に対して所定の電圧を印加する。このとき、MR素子24に流れるセンス電流のコンダクタンスが、磁気テープ2の記録トラックに記録された信号境界に応じて変化する。このため、MRヘッド20では、MR素子24に流れるセンス電流の電圧値が変化することとなり、このMR素子24の電圧値の変化を検出することによって、記録トラックに記録された信号を検出することとなる。

【0040】ところで、このMRヘッド20では、一対の永久磁石29a、29bと一対の磁気シールド層21、22との間隔d1、d2を略等しくするために、一対の磁気シールド層21、22のうち、下層側の磁気シールド層21の一対の永久磁石29a、29bに対応した位置に、図4に示すような凹部21a、21bが形成されている。また、この凹部21a、21bは、上層側の磁気シールド層22のMR素子24と対向する側の面形状と略一致した形状となるように、下層側の磁気シールド層21の一対の永久磁石29a、29bに対応した位置に所定の深さで形成されている。

【0041】すなわち、このMRヘッド20では、下層側の磁気シールド層21に、このような凹部21a、2

1bが形成されることにより、下層側の磁気シールド層21と一対の永久磁石29a、29bとの間の距離d1と、上層側の磁気シールド層22と一対の永久磁石29a、29bとの間の距離d2とが略等しい間隔とされている。また、このMRヘッド20では、このような凹部21a、21bが形成されることにより、下層側の磁気シールド層21のMR素子24と対向する側の面形状と、上層側の磁気シールド層22のMR素子24と対向する側の面形状とが互いに略対称な形状とされている。

【0042】これにより、このMRヘッド20では、一対の永久磁石29a、29bから漏れる磁束の流れを略均一化することができ、この一対の永久磁石29a、29bによる水平方向のバイアス磁界をMR素子24に適切に印加することができる。したがって、このMRヘッド20では、バルクハウゼンノイズ（以下、BH Nという。）を減少させることができ、MR素子24の動作の安定化を図ることができる。

【0043】また、この一対の永久磁石29a、29bによる水平方向のバイアス磁界は、例えばMR素子24に対して磁束方向のバイアス磁界を印加するSAL膜にも影響を及ぼしており、このSAL膜に印加される水平方向のバイアス磁界も略均一化されることから、SAL膜のバイアス設計、すなわちSAL膜の厚さの設計も単純化することができる。したがって、このMRヘッド20では、SAL膜による磁束方向のバイアス磁界も安定したものととなり、出力波形の非対称性（アジメトリ）を抑制することができ、安定した出力波形を得ることができ。

【0044】なお、このMRヘッド20では、一対の永久磁石29a、29bと一対の磁気シールド層21、22との間隔d1、d2が、MR素子24と一対の磁気シールド層21、22との間隔g1、g2よりも大とされている。

【0045】これにより、このMRヘッド20では、一対の磁気シールド層21、22における磁界変動の影響がMR素子24へ伝播されるのを防ぐことができ、出力の安定化を図ることができる。

【0046】次に、上述したMRヘッド20の製造方法について詳細に説明する。

【0047】なお、以下の説明で用いる図面は、特徴をわかりやすく図示するために、図3及び図4と同様に、特徴となる部分を拡大して示している場合があり、各部材の寸法の比率が実際と同じであるとは限らない。また、以下の説明では、MRヘッド20を構成する各部材並びにその材料、大きさ及び厚さ等について具体的な例を挙げるが、本発明は以下の例に限定されるものではない。例えば、以下の説明では、ハードディスク装置等で実用化されているものと同様な構造を有する、いわゆるシールド型のSAL (Soft Adjacent Layer) バイアス方

式のMR素子を用いた例を挙げるが、バイアス方法は、この例に限定されるものではない。また、より大きな出力が得られる、スピントラル渦等の巨大磁気抵抗効果 (GMR/Giant Magnetoresistance) を利用したMR素子等を用いてもよい。

【0048】このMRヘッド20を製造する際は、先ず、図5及び図6に示すように、例えば4インチ程度の円型状の基板40を用意し、この基板40の表面に対し焼面研磨加工を終了。この基板40は、最終的にMRヘッドの第1の基板25となるものであり、その材料には、高硬度の磁性材料を用いる。具体的には、例えばAl₂O₃-TiC (アルチタック)、α-Fe₂O₃ (α-ヘマタイト)、Ni-Znフェライト等が好適である。なお、図6は、図5中に示す線分X1-X1' による縦断断面図である。

【0049】次に、図7及び図8に示すように、基板40上に、下層側の磁気シールド層21となる第1の磁性膜41をリフトオフ法により形成する。なお、図8は、図7中に示す線分X2-X2' による縦断断面図である。

【0050】具体的に、先ず、図9に示すように、基板40の全面に、下層側の磁気シールド層21に対応した開口部42aを有する第1のレジストパターン42を形成する。このとき、第1のレジストパターン42は、開口部42aにおいて、下層端部が上層端部よりも後退した逆テーパー型となること好ましい。

【0051】この第1のレジストパターン42の開口部42aを逆テーパー型とする場合には、逆テーパー用のレジスト材料、例えば、ZPN-1100 (日本ゼオン社製) や、AZ5214E (クライアント社製) 等を用いて、通常のレジストと同様にブリークし、露光を行った後、110℃の温度で加熱して反転ベークを行う。また、逆テーパー型の第1のレジストパターン42を形成する際は、上述した逆テーパー用レジスト材料毎に推奨されている手法を用いてもよい。

【0052】また、この第1の磁性膜41を形成する際は、図9に示すような逆テーパー型の第1のレジストパターン42の代わりに、図10に示すような2層構造を有する第2のレジストパターン43を基板40上に形成してもよい。

【0053】この第2のレジストパターン43は、第1のレジスト膜43aと第2のレジスト膜43bとが順次積層されてなり、下層側の磁気シールド層21に対応した開口部43aを有するとともに、この開口部43aにおいて、第1のレジスト膜43aがこの上に形成された第2のレジスト膜43bよりも後退した形状を有している。

【0054】この2層構造を有する第2のレジストパターン43を形成する場合には、第1のレジスト膜43a

として、通常の放射防止膜用の材料、例えばARC (Bar over Science社製) を用い、この第1のレジスト膜43aを基板40上の全面に亘って形成する。一方、第2のレジスト膜43bとして、通常のレジスト材料、例えばAZ6108 (クライアント社製) を用い、この第2のレジスト膜43bを第1のレジスト膜43a上に、上述した下層側の磁気シールド層21に対応した開口部43aを有するように形成する。そして、通常のレジストと同様にブリークし、露光を行った後に、現象を通常よりも長時間に亘って行う。これにより、第2のレジストパターン43は、第2のレジスト膜43bの開口部43aから露出する第1のレジスト膜43aが除去されるとともに、この開口部43aにおいて、第1のレジスト膜43aがこの上に形成された第2のレジスト膜43bよりも後退した形状となる。

【0055】次に、このような第1のレジストパターン42又は第2のレジストパターン43を用いて、第1の磁性膜41をスパッタリング等により形成する。この第1の磁性膜41の材料としては、例えばFe/Al/Si (センダスト) や、その他良好な磁性を示し、且つ腐食性に優れたものであれば、特に限定されるものでない。また、第1の磁性膜41は、MRヘッド20の磁気シールドとして機能するために、システムで用いる全導線に耐えなければならない。通常、最長流の2倍以上の厚度が必要となる。ここでは、第1の磁性膜41として、センダストを用い、図7及び図8に示す第1の磁性膜41の厚さを2.5μmとし、大きさ1mm×1mm×100μm×80μmとした。

【0056】次に、第1のレジストパターン42又は第2のレジストパターン43を、これらレジストパターン42、43上に堆積した第1の磁性膜41とともに除去する。これらレジストパターン42、43の邪魔には、アセトン又は、NMP (N-メチルピロリドン) 等の溶剤を用いられる。

【0057】これにより、基板40上に、図7及び図8に示すような所定の形状とされた下層側の磁気シールド層21となる第1の磁性膜41が形成される。

【0058】このように、第1のレジストパターン42又は第2のレジストパターン43を、これらに堆積した第1の磁性膜41とともに除去し、これらレジストパターン42、43で覆われていない部分のみに第1の磁性膜41を形成する手法のことを、一般にリフトオフ法と呼ぶが、このリフトオフ法により形成される第1の磁性膜41の端部が明確に分離されるためには、図9に示すような逆テーパー型の第1のレジストパターン42や、図10に示すような2層構造を有する第2のレジストパターン43が必要となる。すなわち、このような形状のレジストパターンを用いることにより、この上に形成される材料が、レジストパターンのエッジ部分にて分断され、この分断された部分からレジストパターンを

除去する溶剤が入り込むことにより、成膜材料の明確なパターンニングが可能となる。

【0059】また、超音波洗浄槽により基板40を振動させながら第1のレジストパターン42又は第2のレジストパターン43の剥離を行うことで、剥離時間を短縮することができる。

【0060】次に、図11及び図12に示すように、この第1の軟磁性膜41上に、フォトレジストを塗布し、硬化させることによりレジスト膜を形成する。そして、フォトリソグラフィ技術を用いて、このレジスト膜を所定の形状にパターンニングすることにより、後述する一対の永久磁石29a、29bに対応した2つの長方形の開口部44a、44bを有する第3のレジストパターン44を形成する。なお、図11は、図7中に示す囲み部分Cを拡大して示す概略断面図であり、図12は、図11中に示す線分X3-Y3' による概略断面図である。

【0061】次に、この第3のレジストパターン44をマスクとして、イオンエッチング等により第1の軟磁性膜41に対してエッチングを行った後、この第3のレジストパターン44を有する第3のレジスト膜を第1の軟磁性膜41から除去する。これにより、第1の軟磁性膜41の一対の永久磁石29a、29bに对应した位置に、図13及び図14に示すように、上述した下層側の磁気シールド層21の凹部1a、21bとなる凹部41a、41bが形成される。なお、図13は、図7中に示す囲み部分Cを拡大して示す概略断面図であり、図14は、図13中に示す線分X4-Y4' による概略断面図である。

【0062】次に、図15及び図16に示すように、第1の軟磁性膜41が形成された基板40の全面に亘って、例えばA12O₃等からなる第1の非磁性非導電性膜45を成膜した後、この基板40上に形成された第1の軟磁性膜41が露出するまで研磨する。これにより、基板40と第1の軟磁性膜41との間及び凹部41a、41bに第1の非磁性非導電性膜45が埋め込まれ、基板40上の第1の軟磁性膜41が形成されていない部分及び凹部41a、41bとの段差が無くより平坦化される。なお、図16は、図15中に示す線分X5-Y5' による概略断面図である。

【0063】この第1の非磁性非導電性膜45の膜厚t3は、第1の軟磁性膜41が完全に埋まる必要があるため、第1の軟磁性膜41の膜厚以上の厚みが必要となる。ここでは、例えば5μm程度の厚みが必要となる。第1の非磁性非導電性膜45は、A12O₃の代わりにSiO₂等を用いてもよく、スパッタ法や蒸着等の任意の方法により形成される。

【0064】また、第1の非磁性非導電性膜45が成膜された面に対する研磨は、ダイヤモンド砥粒で粗く削った後、CMP (Chemical & Mechanical Polishing) で表面を滑らかにし、初めからCMPにより研磨しても

よい。但し、基板40の全面に亘って第1の軟磁性膜41の表面が露出するまで行う必要がある。

【0065】ここで、第1の軟磁性膜41に対して熱処理を施す。この第1の軟磁性膜41に対する熱処理は、第1の軟磁性膜41となる材料に応じた熱処理を施す必要がある。ここでは、第1の軟磁性膜41として、センダストを用いることから、550℃前後の熱処理温度が必要であり、例えば1時間550℃となるように加熱した後、同温度で1時間保持し、その後、自然冷却させた。なお、第1の軟磁性膜41として、センダスト以外の材料を用いた場合には、その材料に最適な熱処理を施すこととなる。

【0066】次に、図17及び図18に示すように、この平坦化された基板40上に、スパッタリング等により下層側のギャップ層23となる第2の非磁性非導電性膜46を成膜する。なお、図18は、図17中に示す線分X6-Y6' による概略断面図である。

【0067】この第2の非磁性非導電性膜46の材料としては、絶縁特性や耐摩耗性等の観点から、Al₂O₃が好適である。なお、第2の非磁性非導電性膜46の膜厚t4は、磁気テープ2に記録された信号の周波数に応じて適切な値に設定すればよい。ここでは、第2の非磁性非導電性膜46の膜厚t4を、例えば100nm程度とした。

【0068】次に、図19及び図20に示すように、第2の非磁性非導電性膜46上に、例えばSAL/バイアス方式のMR素子24を構成する溝渠（以下、MR素子用溝渠という。）47をスパッタリング等により成膜する。なお、図20は、図19中に示す線分X7-Y7' による概略断面図である。

【0069】このMR素子用溝渠47は、例えば、下層として膜厚約5nmのTa層と、SAL/バイアス層として膜厚約24nmのNiFeNb層と、中間絶縁層として膜厚約5nmのTa層と、MR層として膜厚約20nmのNiFe層と、上層として膜厚約1nmのTa層とが、この順でスパッタリング等により順次成膜されることにより形成される。このMR素子用溝渠47において、NiFe層が磁気抵抗効果を有する軟磁性膜であり、MR素子24の感磁部となる。また、このMR素子用溝渠47においては、NiFeNb層がNiFe層に對してバイアス磁界を印加する、いわゆるSAL膜となる。

【0070】なお、MR素子用溝渠47を構成する各層の材料及びその膜厚は、以上の例に限定されるものではなく、MRヘッド20の使用目的等に応じて適切な材料を選択し、適切な膜厚に設定するようにすればよい。

【0071】ここで、図18に示す第2の非磁性非導電性膜46の膜厚t4は、最終的にシステムに必要なシールド間距離（いわゆる再生ギャップ）をGとしたとき、 $t4 = G/2 - (Ta層の膜厚5nm + NiFeNb層$

の膜厚24nm + Ta層の膜厚5nm + NiFe層の膜厚20nm/2) を算出することにより決定される。これにより、MR素子24が一対の磁気シールド層21、22の間の中心位置にて正確に配置されることとなる。

【0072】次に、図21乃至図23に示すように、MR素子24の動作の安定化を図るために、フォトリソグラフィ技術を用いて、MR素子24となる部分に一対の矩形状の永久磁石29a、29bをMR素子用溝渠47に埋め込む。また、MR素子24の抵抗値を減少させるために、この一対の永久磁石29a、29b上に、より抵抗値の低い低抵抗膜30a、30bを形成する。

【0073】この一対の永久磁石29a、29bは、例えば長辺方向の長さtが約50μm、短辺方向の長さt1が約10μmとなり、一対の永久磁石29a、29bの間隔t2が約5μmとなるように形成される。そして、これら一対の永久磁石29a、29bの間隔t2が、最終的にMR素子24のトラック幅Twとなる。すなわち、MRヘッド20においては、MR素子24のトラック幅が約5μmとなる。なお、MR素子24のトラック幅Twは、以上の例に限定されるものではない。MRヘッド20の使用目的等に応じて適切な値に設定すればよい。

【0074】また、これら一対の永久磁石29a、29bは、下層側の磁気シールド層21となる第1の軟磁性膜41上に配置される必要がある。ここでは、これら永久磁石29a、29bの中心位置と、第1の軟磁性膜41のトラック幅方向の中心位置とが一致することにも留意される。例えば、図21は、図20中に示す線分X8-Y8' による概略断面図であり、図22は、図21中に示す線分X9-Y9' による概略断面図である。図23は、図22中に示す線分Xg-Yg' による概略断面図である。

【0075】具体的に、これら永久磁石29a、29b及び低抵抗膜30a、30bをMR素子用溝渠47に埋め込む際は、例えば、先ず、フォトレジストにより、MR素子24となる部分に2つの長方形の開口部を有するマスクを形成する。次に、エッチングを施すことにより、開口部から露出していたMR素子用溝渠47を除去する。なお、ここでのエッチングは、ドライ方式でもウェット方式でも構わないが、加工のしやすさを考慮すると、イオンエッチングが好適である。これにより、図24及び図25に示すようなMR素子用溝渠47のうち、最終的にMR素子24となる部分47a及び溝渠部31、32となる部分47bが露出された状態となる。なお、図24は、図21中に示す囲み部分Cを拡大して示す概略断面図であり、図25は、図24中に示す線分Xg-Yg' による概略断面図である。

【0076】次に、マスクが形成されたMR素子用溝渠47上に、スパッタリング等によって永久磁石29a、29bを成膜する。なお、永久磁石29a、29bの材料としては、保持力が1000 [Oe] 以上ある材料が好ましく、例えばCoNiPtやCoCrPt等材料が好適である。また、永久磁石29a、29bの膜厚は、MR素子用溝渠47と同程度とした。

【0077】次に、永久磁石29a、29b上に、スパッタリング等によって低抵抗膜30a、30bを成膜する。なお、低抵抗膜30a、30bの材料としては、例えばCr、Ta等が好適である。また、低抵抗膜30a、30bの膜厚は、約60nmとした。

【0078】次に、マスクとなっていたフォトレジストを、このフォトレジスト上に成膜された永久磁石29a、29b及び低抵抗膜30a、30bとともに除去する。これにより、図21乃至図23に示すような所定の形状とされた永久磁石29a、29b及び低抵抗膜30a、30bが、MR素子用溝渠47に埋め込まれた状態となる。なお、図22は、図21中に示す囲み部分Cを拡大して示す概略断面図であり、図23は、図22中に示す線分Xg-Yg' による概略断面図である。

【0079】ここで、上述した第1の軟磁性膜41は、一対の永久磁石29a、29bに对应した位置に、図13及び図14に示すような所定の形状とされた凹部41a、41bが形成されている。この凹部41a、41bの深さは、下層側の磁気シールド層21のMR素子24と対向する側の面形状と、上層側の磁気シールド層22のMR素子24と対向する側の面形状とが互いに略対称な形状とように、低抵抗膜30a、30bの厚み分とする必要があり、ここでは、低抵抗膜30a、30bの厚みと同様に60nmとしている。

【0080】次に、フォトリソグラフィ技術を用いて、MR素子24となる部分及びMR素子24にセンサ電流を供給するための導体部31a、31bとなる部分に開口部を形成する。そして、エッチングを施して、開口部から露出していたMR素子用溝渠47を除去する。なお、ここでのエッチングは、ドライ方式でもウェット方式でも構わないが、加工のしやすさを考慮すると、イオンエッチングが好適である。そして、マスクとなっていたフォトレジストを除去する。これにより、図24及び図25に示すようなMR素子用溝渠47のうち、最終的にMR素子24となる部分47a及び溝渠部31、32となる部分47bが露出された状態となる。なお、図24は、図21中に示す囲み部分Cを拡大して示す概略断面図であり、図25は、図24中に示す線分Xg-Yg' による概略断面図である。

【0081】ここで、MR素子24となる部分47aの幅、すなわちMR素子24の幅t8や導体部31a、31bとなる部分47bの長さt9及び幅t10、さらに導体部31a、31bとなる部分47bの間隔t11は、MRヘッド20が用いる環境に応じて最適な値に設定するようにすればよい。ここでは、MR素子24の幅t8を約7μmとした。このMR素子24の幅t8は、媒体層20a側の磁部から他側側までの長さ、すなわちデプス長に相当する。したがって、MR素子24のデプス長は、約7μmとなる。また、導体部31a、31bとなる部分47bのそれぞれの長さt9を約1.5mmと

し、それぞれの幅t10を約80μmとし、それぞれの間隔t11を約40μmとした。

【0082】次に、図2.6及び図2.7に示すように、フオトリングラフイ技術を用いて、導体部31a、31bを形成する。なお、図2.6は、図2.1中に示す囲み部分Cを拡大して示す縦断面図であり、図2.7は、図2.6中に示す線分X10-X10'による縦断面図である。

【0083】具体的に、まず、フオトレジストにより、導体部31a、311bとなる部分47bに開口部を有するマスクを形成する。次に、エッチングを施して、開口部に露出している部分、すなわち導体部31a、311bとなる部分47bに露出していたMR素子用薄膜47を除去する。次に、フオトレジストのマスクをそのまま残した状態でその上に導電膜を成膜する。ここで、導電膜は、例えば膜厚10nmのTi膜、膜厚90nmのCu膜、膜厚10nmのTi膜がこの順でスパッタリング等により順次積層されることにより形成される。その後、マスクとなっていたフオトレジストを、このフオトレジスト上に成膜された導電膜とともに除去することにより、導体部31a、311bが形成される。

【0084】次に、図2.8及び図2.9に示すように、スパッタリング等により上層側のギャップ層23となる第3の非磁性非導電性膜48を成膜する。なお、図2.8は、図2.1中に示す囲み部分Cを拡大して示す縦断面図であり、図2.9は、図2.8中に示す線分X11-X11'による縦断面図である。

【0085】この第3の非磁性非導電性膜48の材料として、絶縁性や耐腐蝕性等の観点からAl₂O₃が好適である。また、この第3の非磁性非導電性膜48の膜厚t12は、磁気記録媒体に記録された信号の周波数等に応じて適切な値に設定すればよく、ここでは、120nmとした。

【0086】また、この第3の非磁性非導電性膜48の膜厚t12は、最終的にシステムに必要なシールド間距離(いわゆる再生ギャップ)をGとしたとき、t12=G/2-(N1F0層の膜厚20nm/2+T1a層の膜厚1nm)を算出することにより決定される。これにより、MR素子24が一对の磁気シールド層21、22の間の中心位置にて正確に配置されることとなる。

【0087】次に、図3.0及び図3.1に示すように、第3の非磁性非導電性膜48上に、上層側の磁気シールド層2となる第2の軟磁性膜49をリフトオフ法により形成する。なお、図3.0は、図2.1中に示す囲み部分Cを拡大して示す縦断面図であり、図3.1は、図3.0中に示す線分X12-X12'による縦断面図である。

【0088】具体的に、まず、図3.2及び図3.3に示すように、第3の非磁性非導電性膜48上に、上層側の磁気シールド層21に対向した開口部50aを有する第4のレジストパターン51を形成する。なお、図3.2は、図2.1中に示す囲み部分Cを拡大して示す縦断面図である。

タリング等により成膜する。第2の軟磁性膜49の材料としては、すでにMR素子24が形成されていることから、上述した第1の軟磁性膜41に対して行われた高温での熱処理を行うことができ、自ずと制御がある。このため、第2の軟磁性膜49としては、MR素子24の耐熱温度である350℃以下での熱処理を施すことにより軟磁性を示す材料、或いは熱処理を施すことなく軟磁性を示す材料を用いる必要がある。

【0095】ここでは、第2の軟磁性膜49として、Co系のアモルファス材料を用いた。具体的に、Co系のアモルファス材料として、例えばCoZrNbTaを用いた場合には、Co、Zr、Nb、Taの組成比を、それぞれa、b、c、d(a、b、c、dはそれぞれ原子%)としたとき、68≤a≤90、0≤b≤10、0≤c≤20、0≤d≤10(a+b+c+d=100原子%)の範囲にて優れた軟磁性特性を得ることができ、特に、79≤a≤83、2≤b≤6、10≤c≤14、1≤d≤5(a+b+c+d=100原子%)の範囲にて優れた耐熱性耐腐蝕性を得ることができ。

【0096】これにより、図3.22における媒体層側面20aの腐蝕の発生を減少させることができ、スベージングロスを減少させ、高い再生出力を維持するとともに、ヘッドの寿命を延ばすことができる。なお、これらの組成以外の組合せとしては、Taの代わりにMo、Cr、Ti、Hf、Pd、W、V等やそれらの組合せが考えられる。

【0097】また、第2の軟磁性膜49は、MRヘッド20の磁気シールドとして機能するために、システムで用いる全波長に対応しなければならぬ、通常、最長波長の2倍以上の膜厚が必要となる。ここでは、第2の軟磁性膜49の厚みを3μm程度とした。なお、アモルファス磁性膜の特性を安定させるために、第2の軟磁性膜49の下地にCr等を数nm程度増層させた方が好ましい。

【0098】次に、第4のレジストパターン50又は第5のレジストパターン51を、これらレジストパターン50、51上に堆積した第2の軟磁性膜49とともに除去する。これらレジストパターン50、51の剥離は、アセトン又は、NMP(N-メチルピロリドン)等の溶剤を用いられる。

【0099】これにより、第3の非磁性非導電性膜48上に、図3.0及び図3.1に示すような所定の形状とされた上層側の磁気シールド層22となる第2の軟磁性膜49が形成される。

【0100】このように、第4のレジストパターン50又は第5のレジストパターン51を、この上に堆積した第2の軟磁性膜49とともに除去し、これらレジストパターン50、51で覆われていない部分のみに第2の軟磁性膜49を形成する手法のことを、上述したようにリフトオフ法と呼ぶが、このリフトオフ法により形成され

る第2の軟磁性膜49の端部が明確に分断されるために、図3.3に示すような逆テーパー型の第4のレジストパターン50や、図3.5に示すような2層構造を有する第5のレジストパターン51が必要となる。すなわち、このような形状のレジストパターンを用いることにより、この上に成膜される材料が、レジストパターンのエッジ部分にて分断され、この分断された部分からレジストパターンを除去する溶剤が入り込むことにより、成膜材料が明確なパターンニングが可能となる。

【0101】また、超音波洗浄槽により基板40を回転させながら第4のレジストパターン50又は第5のレジストパターン51の剥離を行うことで、剥離時間を短縮することができる。

【0102】次に、図3.6及び図3.7に示すように、フオトリングラフイ技術を用いて、MRヘッド20の外部接続用端子32a、32bを導体部31a、311bの端部上に形成する。なお、図3.6は、図2.1中に示す囲み部分Cを拡大して示す縦断面図であり、図3.7は、図3.6中に示す線分X15-X15'による縦断面図である。

【0103】具体的には、まず、フオトレジストにより、外部接続用端子32a、32bとなる部分に開口部を有するマスクを形成する。次に、エッチングを施すことにより、開口部に露出している部分、すなわち外部接続用端子32a、32bとなる部分の第2の非磁性非導電性膜48を除去して、これら導体部31a、311bの端部を露出させる。次に、フオトレジストのマスクをそのまま残した状態で、導電膜を成膜する。ここで、導電膜は、例えば、磁気銅溶液を用いた電解鍍金により、Cuを6μm程度の膜厚となるように形成する。この導電膜の形成方法は、他の膜に影響を与えないものであれば、電解鍍金以外の方法であってもよい。その後、マスクとなっていたフオトレジストを、このフオトレジスト上に成膜された導電膜とともに除去する。これにより、導体部31a、311bの端部上に外部接続用端子32a、32bが形成される。

【0104】なお、この外部接続用端子32a、32bの長さt13は、例えば50μm程度として形成する。また、この外部接続用端子32a、32bの幅t14は、導体部31a、311bの幅t10と同じであり、例えば80μm程度とされる。

【0105】次に、図3.8及び図3.9に示すように、MRヘッド20全体を外部と遮断するために、全面に対して保護膜33を成膜する。なお、図3.8は、図2.1中に示す囲み部分Cを拡大して示す縦断面図であり、図3.9は、図3.8中に示す線分X16-X16'による縦断面図である。

【0106】具体的に、例えば、スパッタリングによってAl₂O₃を5μm程度の膜厚となるように形成する。なお、この保護膜33の材料としては、非磁性非導

電性の材料であればA12O₃以外も使用可能であるが、耐環境性や耐摩耗性を考慮すると、A12O₃が好適である。また、この保護膜33は、スパッタリング法以外の方法によって形成してもよく、例えば、蒸着法等によって形成してもよい。

【0107】次に、外部接続用端子32a、32bが露出する状態で、全面に形成した保護膜33を研磨する。この研磨工程においては、例えば、粒径が約2μmのダイヤモンド砥粒によって、外部接続用端子32a、32bの表面が露出するまで研磨する。そして、シリコン砥粒によってパッド研磨を施して、表面を鏡面状態に仕上げる。これにより、最終的にMRヘッド20となる多数のヘッド素子が形成された基板40が得られる。

【0108】次に、図40に示すように、MRヘッド20となる多数のヘッド素子52が形成された基板40を短周期に切り分けることにより、横方向にヘッド素子52が並ぶヘッドブロック53を形成する。ここで、横方向にヘッド素子52の数は、生産性を考慮するとできる限り多い方がよい。図40においては、簡略化のために、ヘッド素子52が5個並ぶヘッドブロック53を図示しているが、実際には、これ以上のヘッド素子52が並ぶようにしても構わない。また、本実施の形態においては、ヘッドブロック52の幅w1は2mmとしている。

【0109】次に、図41に示すように、ヘッドブロック53上に、MRヘッド20の第2の基板26となる、例えば厚さ18μm程度のガード部材54を貼り付ける。このガード部材54には、多結晶フェライト等が用いられる。このガード部材54の貼り付け方は、例えば樹脂系等の接着剤が用いられる。このとき、ガード部材54の高さh19をヘッドブロック53の高さよりも低くして、ヘッドブロック54に形成された外部接続用端子32a、32bを外部に露出させる。これにより、外部接続用端子32a、32bは、外部と電気的に接続することが可能となる。

【0110】次に、図42に示すように、MRヘッド20の媒体保護面20aとなる面に対して円筒研磨加工を施し、この面を円筒状に形成する。具体的には、MR素子24の前端が媒体保護面20aに露呈すると共に、このMR素子24のデプス長が所定の長さとなるまで円筒研磨加工を行う。これにより、図42に示すようなMRヘッド20の媒体保護面20aとなる面が円筒状の曲面体積面20aとなる面の曲面形状によって形成される媒体等に応じて最適な形状とすればよく、特に限定されるものではない。

【0111】次に、図43に示すように、ガード部材54が露出されたヘッドブロック53を各ヘッド素子52毎に、システムで要求されるアジマス角θ1に応じた切断線D-D'に沿って分類する。これにより、図3に示す

ような個々のMRヘッド20が多数得られる。

【0112】以上のように作製されたMRヘッド20を使用する際は、このMRヘッド20をチップペービスに貼り付けるとともに、外部接続用端子32a、32bがチップペービスに設けられた端子と電気的に接続される。そして、このMRヘッド20は、ヘッドチップに取り付けられた状態で図2に示すような回転部41aに取り付けられ、再生ヘッド8a、8bとして用いられる。

【0113】以上のように、本発明を適用して作製されるMRヘッド20では、下層側の磁気シールド層21となる第1の軟磁性膜41に、上述した凹部41a、41bを形成することにより、下層側の磁気シールド層21と一対の永久磁石29a、29bとの間の距離d1と、上層側の磁気シールド層22と一対の永久磁石29a、29bとの間の距離d2とを略等しくすることができる。また、下層側の磁気シールド層21とMR素子24と対向する側の面形状と、上層側の磁気シールド層22とMR素子24と対向する側の面形状とが互いに略対称な形状とすることができる。

【0114】この場合、一対の永久磁石29a、29bから流れる磁束の流れを略均一化することができる。この一対の永久磁石29a、29bによる水平方向のバイアス磁界をMR素子24及びSAL膜に適切に印加することができる。

【0115】これにより、このMRヘッド20では、バルクハウゼンノイズ（以下、BHNという。）を減少させることができ、MR素子24の動作の安定化を図ることができる。また、SAL膜による垂直方向のバイアス磁界も安定したものとなり、出力波形的非対称性（アシメントリー）を緩和することができる。このとき、出力波形的非対称性（アシメントリー）を緩和することができ、安定した出力波形を得ることができる。

【0116】なお、このMRヘッド20では、一対の永久磁石29a、29bと一対の磁気シールド層21、22との間隔d1、d2が、MR素子24と一対の磁気シールド層21、22との間隔a1、a2よりも大とされている。

【0117】これにより、このMRヘッド20では、一対の磁気シールド層21、22における磁界変動の影響がMR素子24へ伝播されるのを防ぐことができ、出力の安定化を図ることができる。

【0118】また、このMRヘッド20では、下層側の磁気シールド層21となる第1の軟磁性膜41に、上述した凹部41a、41bを形成することにより、下層側の磁気シールド層21と一対の永久磁石29a、29bとの間隔が従来よりも広くなることから、この一対の永久磁石29a、29bの磁束が、下層側の磁気シールド層21へと流れしまわうのを防ぐことができる。

【0119】このように、本手法では、下層側の磁気シールド層21となる第1の軟磁性膜41に、上述した凹部41a、41bを形成することにより、一対の永久磁

石29a、29bと一対の磁気シールド層21、22との間隔d1、d2が略等しくされたMRヘッド20を容易に作製することができる。これにより、歩留りの向上した高品質なMRヘッド20を大量に製造することができ、生産性を大幅に向上させることができる。

【0120】ここで、従来のように、下層側の磁気シールド層21にこのように凹部21a、21bを設けて作製されたMRヘッド（以下、本発明ヘッド）について、これら作製されたヘッドの中から、それぞれ抽出された50個のヘッドうち、BHNが発生したヘッドの割合を示すグラフを図44に示す。なお、図44に示すグラフのうち、(a)は、従来のヘッドにおけるBHNの発生率を示し、(b)は、本発明ヘッドにおけるBHNの発生率を示す。

【0121】これら図44に示すグラフ(a)、(b)から、本発明ヘッドの場合には、従来のヘッドの場合と比較して、BHNの発生率が大幅に減少することがわかる。これは、一対の永久磁石29a、29bによる水平方向のバイアス磁界がMR素子24に適切に印加され、このMR素子24の動作の安定化が図れていることを示している。

【0122】また、これら従来のヘッド及び本発明ヘッドについて、出力波形的非対称性、いわゆるアシメントリー（以下、A_{sym}という。）の分布の割合を示すグラフを図45に示す。なお、図45に示すグラフのうち、(a)は、従来のヘッドにおけるA_{sym}の分布の割合を示し、(b)は、本発明ヘッドにおけるA_{sym}の分布の割合を示す。また、図45において、aは、A_{sym}が10%以下である場合、bは、A_{sym}が20%以下である場合、cは、A_{sym}が30%以下である場合を示す。また、dは、BHNの発生率を示しているが、ここで発生するBHNは、これらのヘッドの作製時における欠陥の発生に起因するものであり、従来のヘッド及び本発明ヘッドは、ともに14%の作製不良が生じたことを示している。

【0123】これら図45に示すグラフ(a)、(b)から、本発明ヘッドでは、A_{sym}の分布が少なく、安定した出力波形が得られることがわかる。これは、作製上、何れのヘッドも各構成要素の膜厚分布に多少のばらつきが生ずるものの、従来のヘッドの場合、そのような膜厚分布のばらつきが顕著に現れ、非対称性の原因となってしまうのに対して、本発明ヘッドの場合、SAL膜による垂直方向のバイアス磁界が他の影響を及ぼさなく、そのような膜厚分布に多少のばらつきが生じたとしても、MR素子に隣接するSAL膜から、適切なバイアス磁界が印加されていることを示している。

【0124】次に、本発明を適用したMRヘッドの他の構成例として、図46に示すMRヘッド60について図

明する。なお、図46は、このMRヘッド60を媒体駆動面側から見た概略端面図である。また、以下の説明において、上述したMRヘッド20と同等な部位については説明を省略するとともに、図面において同じ符号を付すものとする。

【0125】このMRヘッドマージ型ヘッド70は、一対の永久磁石29a、29bと一対の磁気シールド層21、22との間隔d1、d2を略等しくするために、ギャップ層23のうち、上層側のギャップ層23の上面23aが平坦化されている。

【0126】すなわち、このMRヘッド60では、上層側のギャップ層23の上面23aが平坦化されることにより、下層側の磁気シールド層21と一対の永久磁石29a、29bとの間の距離d1と、上層側の磁気シールド層22と一対の永久磁石29a、29bとの間の距離d2とが略等しい間隔とされている。

【0127】これにより、このMRヘッド60では、一対の永久磁石29a、29bから流れる磁束の流れを略均一化することができ、この一対の永久磁石29a、29bによる水平方向のバイアス磁界をMR素子24に適切に印加することができる。したがって、このMRヘッド60では、上述したMRヘッド20と同様に、バルクハウゼンノイズ（以下、BHNという。）を減少させることができ、MR素子24の動作の安定化を図ることができる。

【0128】また、この一対の永久磁石29a、29bによる水平方向のバイアス磁界は、例えばMR素子24に対して垂直方向のバイアス磁界を加えるSAL膜にも影響を及ぼしており、このSAL膜に印加される水平方向のバイアス磁界も略均一化されることから、SAL膜のバイアス設計、すなわちSAL膜の膜厚の設計も単純化することができる。したがって、このMRヘッド20では、上述したMRヘッド20と同様に、SAL膜による垂直方向のバイアス磁界も安定したものとなり、出力波形的非対称性（アシメントリー）を緩和することができ、安定した出力波形を得ることができる。

【0129】また、このMRヘッド60では、上層側のギャップ層23の上面23aが平坦化されることにより、この上に形成される上層側の磁気シールド層22も平坦化することができる。これにより、このMRヘッド60では、上層側の磁気シールド層22の磁気特性が向上すると共に、不均一な磁区の発生を抑制することができ、安定した出力波形を得ることができる。

【0130】次に、図47に示すような上層側のギャップ層23となる第3の非磁性非導電性膜48の上面48aを平坦化する方法について説明する。なお、MRヘッド60の製造方法については、この第3の非磁性非導電性膜48の上面48aを平坦化する方法以外は、上述したMRヘッド20の製造方法と同様なことから、詳細な説明を省略するものとする。

【0131】この第3の非磁性性非導電性層48の上面向48aを平坦化する際は、第3の非磁性性非導電性層48aの成膜時において、計算で求められる最終的な層厚側のギャップ層23の厚みに加えて、この第3の非磁性性非導電性層48の上面向48aを平坦化するための研磨量を考慮した厚みとする必要がある。

【0132】すなわち、第3の非磁性非導電性膜48に
対する研削量は、上述した底抵抗性膜30a、30bの
厚み以上とする必要であり、これ以下であると、所望の
厚みとなるまで第3の非磁性非導電性膜48を研削した
際に、この第3の非磁性非導電性膜48の上面48aを完
全に平坦化することができなくなる。また、底抵抗性膜
30a、30bよりもさらに厚みを増加させるのは、研
削後の膜厚分布を考慮したためであり、この値は使用する
装置によるもの任意である。ここでは、図47に示
す第3の非磁性非導電性膜48の厚み t_{03} は、最終的な
上層側のギャップ23の厚みに、80nm程度の研削
量を加えた厚みとした。

【0133】次に、第3の非磁性非導電性膜48の上面48aに対して平坦化のための研削加工を施す。この研削加工は、機械研削や化学的研削（バフ研削）等を用いることができるが、表面性を考慮すると、化学的研削が望ましい。これにより、図48に示すように、第3の非磁性非導電性膜48の上面48aを平坦化することができ、

【0134】このように、本手法では、第3の非磁性性半導電性膜48の上面48aを平坦化することにより、一対の永久磁石29、29bと一対の磁気シールド層21、22との間隔21、22が略等しくされたMRヘッド60を容易に作製することができる。これにより、歩留りの向上した高品質のMRヘッド60を大量に製造することができ、生産性を大幅に向上させることができる。

【0136】ここで、例えば図46に示すような上層ヘッドのギヤップ層23の上面23aが平坦化されたMRヘッドを用いて、下層側の磁気シールド層21と一対の永久磁石29、22との間の距離 $d1$ と、上層側の磁石29、22と一対の永久磁石29a、29bと、磁気シールド層23と一対の永久磁石29a、29bとの間の距離 $d2$ との距離差 $d2-d1$ を变化させた際と、この距離差 $d2-d1$ とアシメトリの変動との関係値を測定した結果を図49に示す。なお、ここでは、48個の各MRヘッドについて、距離の差 $d2-d1$ を变化させた際のアシメトリの変動を測定した。なお、一対の磁気シールド層21、22の間におけるMR素子24の配置については、変更しないものとする。

【0136】図49の測定結果から、距離差 $d2-d1$ が20nm以上となると、各MRヘッド間におけるアシシメトリーの変動のばらつきが大きくなり、現状のシステムにて許容されている±15%のアシシメトリーの変動を超えてしまうことがわかる。一方、距離差 $d2-d1$

を20nm以上とすれば、このアシンメトリーの変動が比較的安定することがわかる。

【0137】以上のことから、下層側の磁気シールド層 221 と一対の永久磁石 29a、29b との間の距離 d 1 と、上層側の磁気シールド層 222 と一対の永久磁石 29a、29b との間の距離 d 2 との差 $d2 - d1$ の許容範囲としては、20nm 以下とすることが望ましい。

【0138】
【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明に係る磁気抵抗効果型ヘッドでは、一對の永久磁石と一對の磁気シールド層との間隔が略等しくされていること、一對の永久磁石によるバイアス境界を磁気抵抗効果素子に適切に印加することができること、この磁気抵抗効果素子の動作を図示することができ、また、出力波長の非対称性を緩和することができること、安定した出力を得ることができる。

【0139】また、本発明に係る炭素抵抗効果型炭素へ
永久磁石の製造方法は、下層の凹部シート層の一枚の
永久磁石シートに対応した位置に凹部を形成する、或いは、
上層側のギャップ層の上面を平坦化することにより、一
対の永久磁石と一枚の炭素シート層との間隔が略等
しくされた炭素抵抗効果型炭素へッドを容易に作製する
ことが可能である。これにより、歩留りの向上した高品質
の炭素抵抗効果型炭素へッドを大量に製造することがで
き、生産性を大幅に向上させることができる。

【図面の簡単な説明】
 【図１】 磁気テープ装置の一例を示す概略平面図であ
 る。
 【図２】 磁気ヘッド装置の構成を示す概略斜視図であ
 る。

【図3】本発明を適用したMRヘッドの構成を示す概略

斜視図である。

面図である。

【図8】上記MRベットの設置工程を説明するための図であり、第1の基板となる基板を示す概略平面図であ

る。
【図6】 FEMBヘッドの製造工程を説明するための図

であり、図5中に示す線分 X_1-X_1' による概略断面図

である。

【図7】上記MRヘッドの製造工程を説明するための図

であり、基板上に第1の軟磁性膜が形成された状態を示

【図8】上記MRヘッドの製造工程を説明するための図

であり、図7中に示す線分 X_2-X_2' による概略断面図

【図9】上記MRヘッドの製造工程を説明するための図である。

であり、基板上に逆テーパー型の第1のレジストパター
ンが形成された状態を示す断面図である。

【図10】上記MRヘッドの製造工程を説明するための

図であり、基板上に2層構造を有する第2のレジストパ

【図 11】上記 MFR ヘッドの製造工程を説明するための

図であり、第1の軟磁性膜上に第3のレジストパターンが形成された状態を示す概略平面図である。

【図12】上記MRヘッドの製造工程を説明するための

面図である。

【図13】上記MRヘッドの製造工程を説明するための

た位置に凹部が形成された状態を示す概略平面図であ

る。
【図14】FEMヘッドの製造工程を説明するための。

図であり、図 13 中に示す線分 $X_4 - X_4'$ による概略断

面図である。

(14)

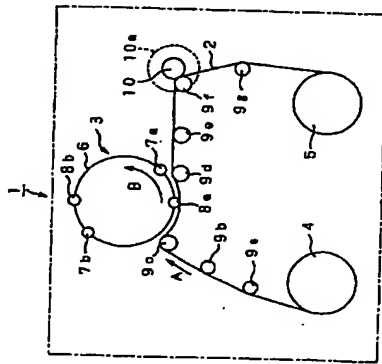
【図42】上記MRヘッドの製造工程を説明するための図であり、MRヘッドの媒体移動面となる面に対して円研削加工が施された状態を示す概略斜視図である。

【図43】上記MRヘッドの製造工程を説明するための図であり、ガード部材が接合されたヘッドブロックを個々のMRヘッドに分割する状態を示す概略平面図である。

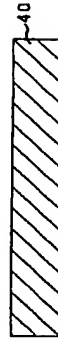
【図44】バルクハウゼンノイズが発生したヘッドの割合を示すグラフであり、(a)は、従来ヘッドにおけるノイズの発生率を示し、(b)は、本発明ヘッドにおけるノイズの発生率を示す。

【図45】アシンメトリの分布の割合を示すグラフであり、(a)は、従来ヘッドにおけるアシンメトリの分布の割合を示し、(b)は、本発明ヘッドにおけるア

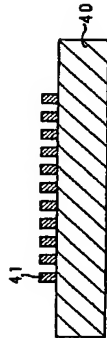
【図1】



【図6】

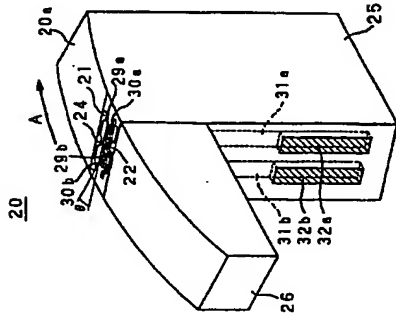


【図8】

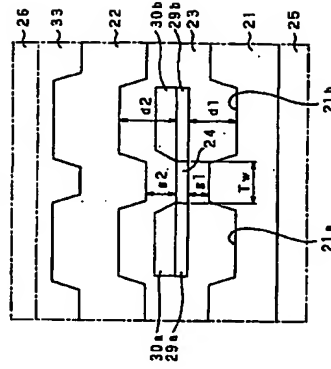


X2-X2' 断面図

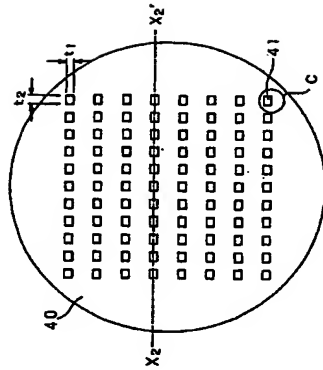
【図3】



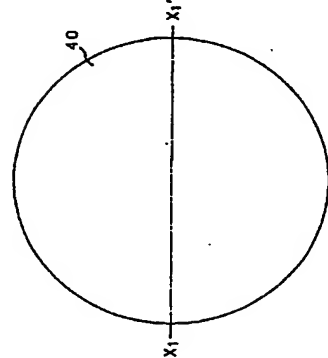
【図4】



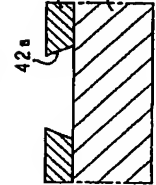
【図7】



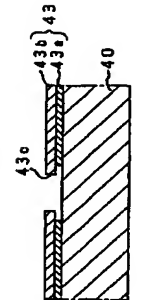
【図5】



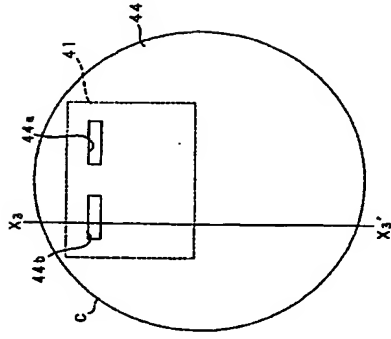
【図9】



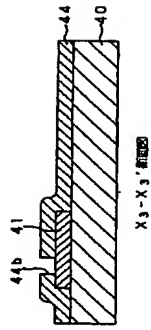
【図10】



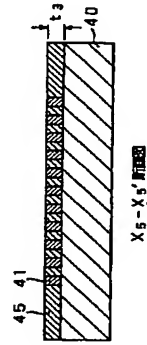
【図11】



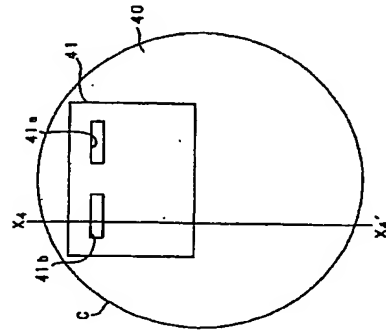
【図12】



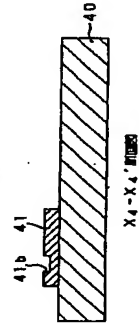
【図16】



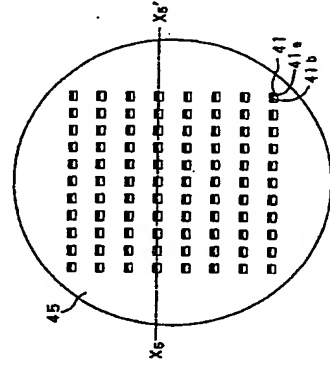
【図13】



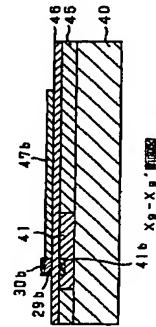
【図14】



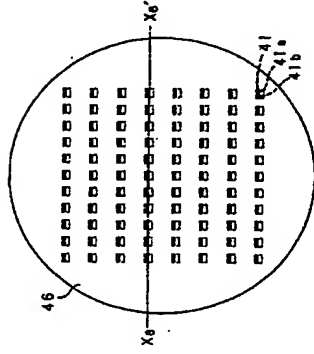
【図15】



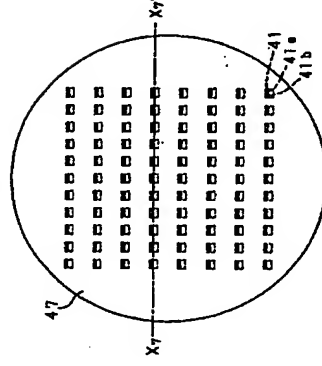
【図25】



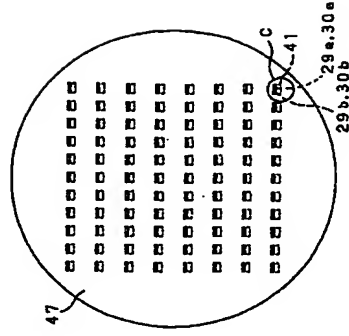
【図17】



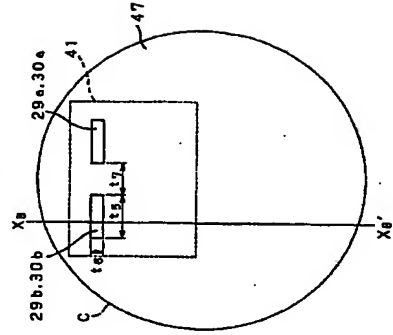
【図19】



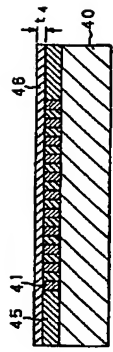
【図21】



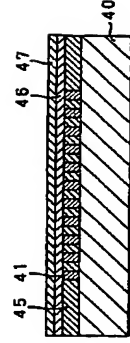
【図22】



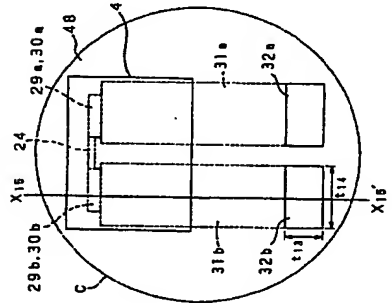
【図18】



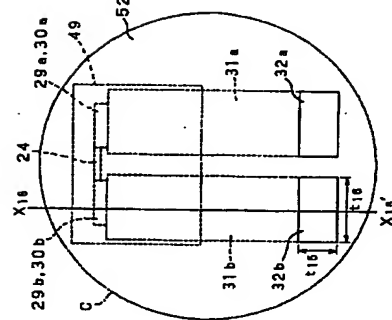
【図20】



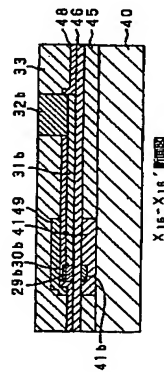
【図36】



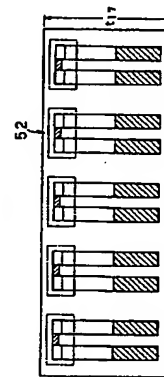
【図38】



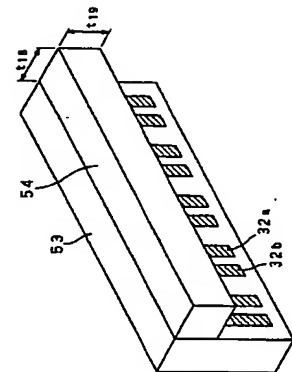
【図39】



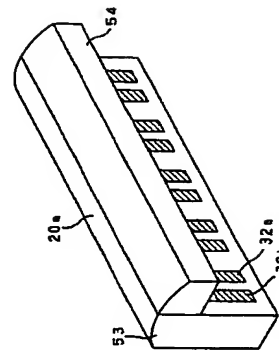
【図40】



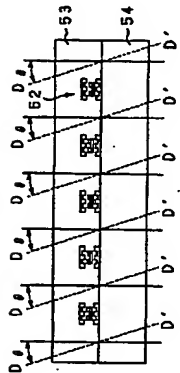
【図41】



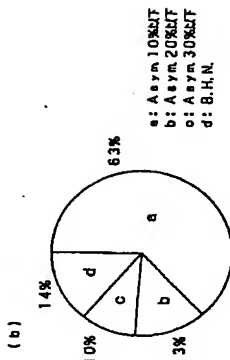
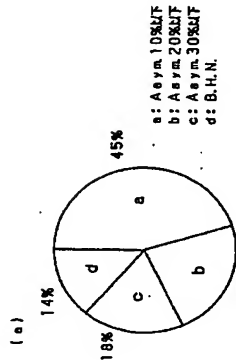
【図42】



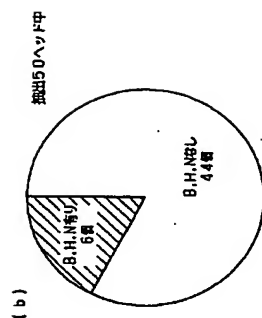
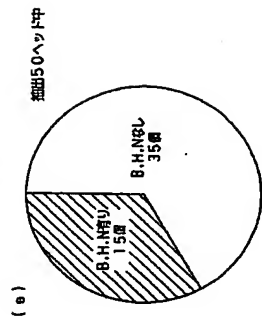
【図43】



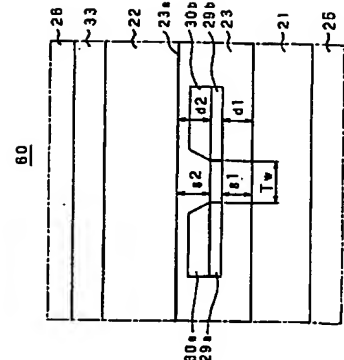
【図45】



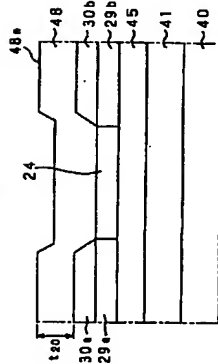
【図44】



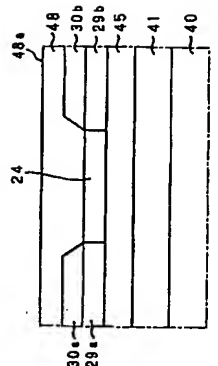
【図46】



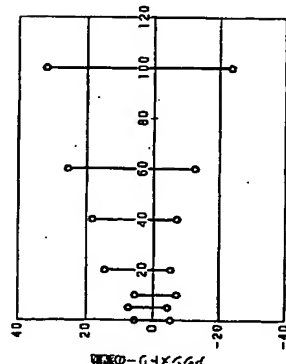
【図47】



【図48】



【図49】



【図50】

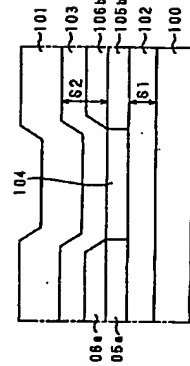


図49 n2-d11(nm)